PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

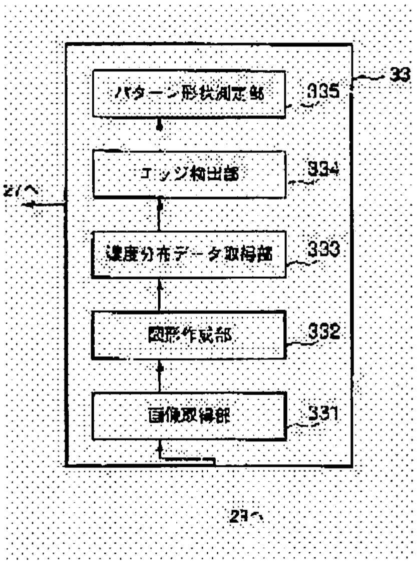
(11)Publication number : **2001-091231**
(43)Date of publication of application : **06.04.2001**

(51)Int.CI.
G01B 11/24
G06T 7/00
H01L 21/66

(21)Application number : **11-268711**
(22)Date of filing : **22.09.1999**
(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**
(72)Inventor : **MIYANO YUMIKO**

(54) MICRO-PATTERN MEASURING METHOD, MICRO-PATTERN MEASURING DEVICE AND RECORDING MEDIUM HAVING MICRO- PATTERN MEASURING PROGRAM RECORDED THEREIN

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To measure a micro-pattern with high accuracy by accurately detecting the edge of a pattern.
SOLUTION: A pattern image of a sample, where a micro-pattern is formed is obtained by an image acquisition part 331, in a graphic creating part 332, a graphic in which a pattern shape is reflected is created for the acquired pattern image, in a density distribution data acquiring part 333, density distribution data on a straight line vertical to the tangent of the contour of the graphic is acquired, in an edge detecting part 334, pattern edge coordinates are detected from the density distribution data, and in a pattern shape measuring part 335, the shape of a pattern is measured on the basis of the pattern edge coordinates.



LEGAL STATUS
[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The detailed pattern measuring method characterized by to have the process which acquires the pattern image of a sample with which a detailed pattern was formed, the process which create the graphic form which reflects a pattern configuration to said pattern image, the process which acquire the concentration distribution data on a perpendicular straight line to the tangent of the profile of this graphic form, the process which detect a pattern edge coordinate from said concentration distribution data, and the process which measure the configuration of said pattern based on said pattern edge coordinate.

[Claim 2] Creation of said graphic form is a detailed pattern measuring method according to claim 1 characterized by using labeling based on the difference in image concentration.

[Claim 3] The detailed pattern measuring method according to claim 1 characterized by to set up the representation point and measurement field of said pattern, to search for concentration distribution for every predetermined assignment include angle focusing on said representation point in this measurement field, to ask for the criteria location under this concentration distribution, to ask for the near profile of said pattern based on this criteria location, and to create said graphic form based on this profile.

[Claim 4] Said measurement field is a detailed pattern measuring method according to claim 3 characterized by being the outside of a small closed curve between two closed curves which do not cross mutually, and being the inside of a large closed curve.

[Claim 5] The detailed pattern measuring method according to claim 1 characterized by determining the direction and spacing of acquisition of said concentration distribution data, and acquiring said concentration distribution data based on the direction and spacing which were this determined based on the description of the configuration of said pattern.

[Claim 6] The extract of the description of the configuration of said pattern is a detailed pattern measuring method according to claim 5 characterized by carrying out using the relation between the coordinate which specifies the profile of said graphic form, and the include angle from the center of gravity of said pattern in which this coordinate is located.

[Claim 7] The pattern image acquisition section which acquires the pattern image of a sample, and the graphic form creation section which creates the graphic form which reflects a pattern configuration to said pattern image, The concentration distribution data acquisition section which acquires the concentration distribution data on a perpendicular straight line to the tangent of the profile of said graphic form, The detailed pattern measuring device characterized by coming to provide the edge detecting element which detects a pattern edge coordinate based on said concentration distribution data, and the configuration test section which measures the configuration of said pattern based on said edge coordinate.

[Claim 8] The function which acquires the pattern image of a sample to a computer, and the function which creates the graphic form which reflects a pattern configuration to said pattern image, The function which acquires the concentration distribution data on a perpendicular straight line to the tangent of the profile of said graphic form, The record medium which recorded the detailed pattern measurement program for realizing the function to detect a pattern edge coordinate based on said concentration distribution data, and the function which measures the configuration of said pattern based on said edge coordinate.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the record medium which recorded the detailed pattern measuring method, detailed pattern measuring device, and detailed pattern measurement program which measure the pattern configuration of a sample.
[0002]
[Description of the Prior Art] In evaluation of the process of a semiconductor device, the pattern on a wafer is observed with a scanning electron microscope etc., and measuring the predetermined dimension of a pattern is performed widely. Recently, the configuration of a pattern is also diversified with high integration of a device. For this reason, the conventional 1-dimensional dimension measurement does not necessarily turn into measuring the parameter which determines the property of a device, but two-dimensional dimension measurement of a boundary length, area, etc. is becoming important.
[0003] On the other hand, it may be influenced of the aberration of the lens of an aligner etc. with detailed-izing of a pattern in the case of the lithography process which forms a pattern configuration. The pattern which should become a perfect circle in this case is distorted. In such a case, even if it measures only the diameter of the existing fixed direction, it cannot be said that that measured value is expressing the configuration of this pattern correctly. Therefore, the meaning of measuring area also from this point is becoming large. Moreover, although it was important to measure the roughness of a pattern edge to evaluation of a resist etc., in the case of the Rhine pattern etc., from patterns with curvature, such as a hole pattern, it was not able to ask for roughness from asking simple.
[0004] Polar-coordinate expansion of the image of a hole pattern is carried out, Rhine addition is performed in the include-angle direction to the developed image, and there is a thing of asking for the diameter, the radius, area, etc. reflecting all the directions of the hole pattern, by detecting an edge location as indicated by JP,7-27548,A as opposed to such a problem. However, in this technique, when polar-coordinate expansion was carried out to the hole pattern near a perfect circle, in order not to become a straight line, but for an edge to become blunt in the case of said Rhine addition and to detect an edge to an edge in the direction which is not perpendicular, there was a problem that detection precision was bad, to the part equivalent to the edge of a hole pattern being located in a line with about 1 straight line, in the case of the big pattern of roughness, an ellipse, etc.
[0005] This trouble is explained using drawing 18 . The image with which the field corresponding to the hole bottom field 101 and the taper section in the field corresponding to [the taper-like hole pattern is formed on the wafer whose drawing 18 is a sample, and] the hole bottom of the hole has such fields 101-103 by the cheek field 102 and fields other than these being the outside field 103 is obtained. Concentration distribution is searched for in the direction of linear shown in an arrow head to the obtained image, and an edge is detected. In this case, in drawing 18 (a), when performing edge detection in the direction of slant to an edge, as compared with the case of drawing 18 (b) performed perpendicularly, the contrast of concentration change is bad. Therefore, the direction in case detection precision is shown in drawing 18 (a) worsens.
[0006] Moreover, although the example which asks for an edge from the peak on the straight line which crosses the curve direction of this field in JP,10-276043,A to the field surrounded with the ellipse of two size to the pattern of an ellipse, and asks for the width of face and the height of an ellipse, area, etc. based on this is given As well as [the obtained edge] the above-mentioned conventional example since edge detection is carried out to the edge in the direction which is not perpendicular, there is a problem that the detection precision of the obtained edge location is bad. Moreover, the appointed range concentration data are acquired in the direction perpendicular to the edge for which it asked, and although there is an example of detecting the abnormalities in a taper of a pattern based on concentration data, edge detection using this concentration data is not performed.
[0007]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since edge detection is carried out in the conventional detailed pattern measuring method in the direction which is not perpendicular to the edge called for from image data as mentioned above, there is a problem that the detection precision of the obtained edge location is bad.
[0008] The place which it was made in order that this invention might solve the above-mentioned technical problem, and is made into the purpose is by detecting the edge of a pattern correctly to offer the record medium which recorded the detailed pattern measuring method, detailed pattern measuring device, and detailed pattern measurement program which enable measurement of a highly precise detailed pattern.
[0009]
[Means for Solving the Problem] The process from which the detailed pattern measuring method concerning this invention

acquires the pattern image of a sample with which the detailed pattern was formed, The process which creates the graphic form which reflects a pattern configuration to said pattern image, It is characterized by having the process which acquires the concentration distribution data on a perpendicular straight line to the tangent of the profile of this graphic form, the process which detects a pattern edge coordinate from said concentration distribution data, and the process which measures the configuration of said pattern based on said pattern edge coordinate.

[0010] The desirable gestalt of this invention is shown below.

[0011] (1) Creation of the graphic form reflecting a pattern configuration uses labeling based on the difference in image concentration.

[0012] (2) The representation point and measurement field of a pattern are set up, and concentration distribution is searched for for every predetermined assignment include angle focusing on a representation point in this measurement field, ask for the peak location under this concentration distribution, ask for the near profile of said pattern based on this peak location, and create said graphic form based on this profile.

[0013] The measurement field in (3) and (2) is the outside of a small closed curve between two closed curves which do not cross mutually, and is the inside of a large closed curve.

[0014] (4) Based on the description of the configuration of a pattern, determine the direction and spacing of acquisition of said concentration distribution data, and acquire concentration distribution data based on the direction and spacing which were this determined.

[0015] The relation between the coordinate which specifies the profile of said graphic form, and the include angle from the center of gravity of said pattern in which this coordinate is located is used for the description of the configuration of the pattern in (5) and (4).

[0016] Moreover, this invention concerning an approach is materialized also as a record medium which recorded the detailed pattern measurement program for realizing the function equivalent to the invention concerned on the computer and in which computer reading is possible.

[0017] Moreover, the detailed pattern measuring device concerning this invention The pattern image acquisition section which acquires the pattern image of a sample, and the graphic form creation section which creates the graphic form which reflects a pattern configuration to said pattern image, The concentration distribution data acquisition section which acquires the concentration distribution data on a perpendicular straight line to the tangent of the profile of said graphic form, It is characterized by coming to provide the edge detecting element which detects a pattern edge coordinate based on said concentration distribution data, and the configuration test section which measures the configuration of said pattern based on said edge coordinate.

[0018] (Operation) In this invention, the graphic form reflecting a pattern configuration is created, the concentration distribution data on a perpendicular straight line are acquired to the tangent of the profile of this graphic form, and an edge coordinate is detected based on this. Thereby, since an edge is always detectable in the perpendicular direction to the profile of a pattern, the detection precision of an edge becomes high. Therefore, the measurement precision of shape parameters, such as area and a boundary length, computed based on an edge improves remarkably. Moreover, even if it is a pattern with curvature, it becomes possible to measure edge roughness simple.

[0019] Moreover, the representation point and measurement field of a pattern are set up, concentration distribution is searched for for every predetermined assignment include angle focusing on a representation point in this measurement field, it asks for the peak location under this concentration distribution, and the graphic form which reflects a pattern configuration in quest of the near profile of said pattern based on this peak location is created. Thereby, since only the information near an edge is used for the extract of the description of the configuration of a pattern, little measurement of the effect of a noise is attained more. Moreover, by specifying a measurement field with two closed curves which do not cross mutually, it becomes possible to measure the pattern of various configurations, and the time amount which measures the pattern of substandard magnitude can be shortened sharply.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained, referring to a drawing.

[0021] (The 1st operation gestalt) Drawing 1 is drawing showing the whole detailed pattern measuring device configuration concerning the 1st operation gestalt of this invention. This operation gestalt explains using length measurement SEM.

[0022] As shown in drawing 1 , the scanning electron microscope concerning this operation gestalt is divided roughly into the secondary electron detection device in which the electron gun which emits an electron beam, the electron optics system which irradiates the emitted electron beam on the sample (sample 11) front face which is the measuring object, and the secondary electron emitted from a sample front face are detected.

[0023] The electron optics system which consists of the gun alignment coil 2, a condensing lens 3, the objective lens alignment coil 4, the stigma coil 5, the scan coil 6, the object diaphragm 7, a secondary electron detector 8, and an objective lens 9 toward the travelling direction is prepared in the course of electron beam 1' irradiated from the electron gun 1 which emits an electron beam to a sample 11 in order. the gun alignment coil 2 and the objective lens alignment coil 4 are formed in order to amend a condensing lens 3 and an objective lens 9 -- having -- the scan coil 6 -- two pairs of electromagnetism -- it consists of a coil, the power source of a period which is different in each coil, respectively is supplied, the saw tooth waveform signal of the direction of Y is given to one side on another side of the direction of X, and electron beam 1' is scanned.

[0024] Moreover, if electron beam 1' irradiated from the electron gun 1 passes an electron optics system, the sample 11 laid on the stage 10 will irradiate. Moreover, as a secondary electron detection device, the secondary electron detector 8 is arranged from a sample 11 at predetermined distance detached building ******, and the secondary electron emitted from sample 11 front face is detected.

[0025] The power source 21 for acceleration voltage control is connected to the electron gun 1, and electron beam 1' from an electron gun 1 can be emitted with desired acceleration energy according to this power source 21 for acceleration voltage control. It connects with the beam alignment control circuit 22, the stigma control circuit 23 is connected to the stigma coil 5, and the gun alignment coil 2 and the objective lens alignment coil 4 amend the shape of beam by these beam alignment control circuit 22 and the stigma control circuit 23.
[0026] Moreover, the deviation signal generated in deviation signal generator 24' which the scan coil 6 was connected to the deflection amplifier 24, and was further connected to this deflection amplifier 24 is made to amplify with a deflection amplifier 24, and an electrical potential difference is given to the scan coil 6. The objective lens energizing voltage power source 25 is connected to an objective lens 9, and energizing voltage is given to an objective lens 9 according to this power source 25. The stage controller 26 is connected to a stage 10, and a stage 10 drives by this controller 26. The control system which consists of these [21-23], 24', and 26 is controlled by the host computer 27.
[0027] Moreover, the measurement data detected with the secondary electron detector 8 is inputted into a scan converter 29 through an amplifier 28, and is expanded and displayed on CRT30 as a two-dimensional image.
[0028] A deflection amplifier 31 is connected to deviation signal generator 24', and the scan coil 32 is further connected to this deflection amplifier 31. By controlling the scan coil 32 by the deviation signal amplified from the deviation signal amplifier 31, the beam scan of CRT30 is made synchronizing with the scan on a sample 11.
[0029] The output signal of a scan converter 29 is inputted into an image processing system 33. As for the secondary electron detecting signal used as the two-dimensional image with the scan converter 29, a desired image processing is made with an image processing system 33. It connects with a host computer 27 and this image processing system 33 performs an image processing based on the command of a host computer 27.
[0030] In addition, a host computer 27 controls the image processing in control and the image processing system 33 of a control system based on the recipe file 34 defined beforehand.
[0031] Drawing 2 is drawing showing the detailed configuration of an image processing system 33. The image data made into the two-dimensional signal by the scan converter 29 is acquired in the image acquisition section 331. The image data obtained in the image acquisition section 331 is outputted to the graphic form creation section 332, and a graphic form which reflects the configuration of a pattern is created. The created graphic data are outputted to the concentration distribution data acquisition section 333. In this concentration distribution data acquisition section 333, concentration distribution data are created based on graphic data. The obtained concentration distribution data are outputted to the edge detecting element 334, and the edge of a pattern is detected. The edge of the obtained pattern is outputted to the pattern configuration test section 335. The pattern configuration test section 335 measures area, a boundary length, edge roughness, etc. of a pattern on a pattern configuration and a concrete target based on the edge of a pattern.
[0032] Next, the detailed pattern measuring method which starts this operation gestalt using drawing 1 - drawing 8 is explained. As an example, the case where the hole pattern of an ellipse form is measured is explained.
[0033] First, the sample 11 (wafer) in which the hole pattern of an ellipse form was formed is conveyed in the measuring device shown in drawing 1 . After alignment actuation etc. amends the rotation of a sample 11, electron beam 1' is scanned, and it moves on a stage 10 so that the target pattern may come in a visual field.
[0034] Under the present circumstances, the SEM image of the hole pattern obtained is shown in drawing 3 . As shown in drawing 3 , the part in which the part which is equivalent to the hole bottom of a hole among the hole patterns of an ellipse form is equivalent to the taper of the hole bottom field 41 and a hole pattern serves as the outside field 43 in fields other than cheek field 42, these hole bottom field 41, and cheek field 42. It is dark in the hole bottom field 41 (black), and it is bright in the cheek field 42 (white), and the image with which the outside field 43 became a little bright (gray) is obtained.
[0035] The obtained SEM image data is outputted to the graphic form creation section 332. In the graphic form creation section 332, a graphic form which reflects the configuration of a hole pattern based on SEM image data is created. For example, 3 value-ized processing is performed with a predetermined threshold, labeling is carried out to three fields, the black divided with a threshold, white, and gray, and the boundary of black and white is extracted. It is possible for this to extract the rim of the hole bottom field of a hole pattern, i.e., the part equivalent to a profile.
[0036] In addition, differential processing may be performed for example, to SEM image data besides 3 value-ized processing, and you may extract by performing binary-ized processing in the cheek field 42 and the other field using threshold level processing extracting only a part with the high concentration of the obtained differential image, or the cheek field 42 becoming bright white.
[0037] Even if it is the case where the creation technique of which reflection graphic form is used, many noises like a sesame salt noise are contained in a SEM image. Then, the graphic form reflecting the configuration of a hole pattern is acquired by removing the fine noise on a profile using processing of the Fourier transform etc. An example of the graphic form reflecting the configuration of this hole pattern is shown in drawing 4 . As shown in drawing 4 , it turns out that the reflection graphic form 51 has the almost same configuration as the configuration equivalent to the profile of the hole bottom field 41.
[0038] The acquired reflection graphic form 51 is outputted to the concentration distribution data acquisition section 333. In the concentration distribution data acquisition section 333, concentration distribution data are created based on the reflection graphic form 51. The concrete technique is explained below using drawing 5 .
[0039] First, it asks for the center-of-gravity location 511 of the reflection graphic form 51. Next, the criteria straight line 512 passing through the center-of-gravity location 511 is set up. And a straight line 513 is drawn from the center-of-gravity location 511 to the reflection graphic form 51 to the criteria straight line 512 at every assignment include angle theta. In drawing 5 ,

although the straight line 513 shows only one for the facilities of explanation, if the assignment include angle theta is set as 2 degrees, for example, 180 straight lines 513 will be obtained. And it asks for the intersection 514 of the profile of this straight line 513 and the reflection graphic form 51, and asks for the inclination of the tangent 515 of the reflection graphic form 51 in this intersection 514 by differential. And the concentration acquisition straight line 516 is drawn in the direction which intersects perpendicularly to the inclination of the obtained tangent 515. And the concentration distribution data on this concentration acquisition straight line 516 are acquired.

[0040] Drawing 6 shows the SEM image and the concentration acquisition straight line 516 which were obtained in the image acquisition section 331. Only the field (the concentration acquisition field 517 is called hereafter) which is in a predetermined distance across an intersection 514 actually acquires concentration distribution among the concentration acquisition straight lines 516. This concentration distribution acquisition field 517 includes from the point in the hole bottom field 41 to the point in the outside field 43 across an intersection 513 at least, and it is set up so that from the inner circumference of the cheek field 42 to a periphery may be crossed.

[0041] Thus, the concentration distribution curve 61 acquired in the set-up concentration distribution acquisition field 517 is shown in drawing 7 . An axis of abscissa is a location, an axis of ordinate is concentration, and the side with the hole bottom field 41 and a location far [a side with the location near 0] from 0 shows the concentration of the outside field 43. The acquired concentration distribution curve 61 will become like drawing 8 , if the concentration distribution acquired only about one straight line 512 in the assignment include angle theta is shown as shown in drawing 5 , this concentration distribution curve 61 is searched for for every assignment include angle and it develops to each assignment include angle. An axis of abscissa is a location and an axis of ordinate is an include angle. The axis of abscissa in drawing 8 is the axis of abscissa and positive/negative reverse which were shown in drawing 7 . Therefore, a side with the outside field 43 and a location far [a side with the location near 0] from 0 is the hole bottom field 41.

[0042] The concentration distribution data developed by the assignment include angle are outputted to the edge detecting element 334. In the edge detecting element 334, an edge location is detected by straight-line approximation etc. like dimension measurement of the usual Rhine pattern based on the developed concentration distribution data. If the obtained edge location is changed into the original image, i.e., the two-dimensional image before developing for every assignment include angle, the part near the profile of a hole bottom can be extracted.

[0043] The data in which the obtained edge location is shown are outputted to the pattern configuration test section 335. The pattern configuration test section 335 measures area, a boundary length, etc. of a pattern from the profile of the pattern obtained from the edge location of a pattern. In addition, the pattern configuration test section 335 can also compute the roughness of the edge of a hole pattern by investigating distribution of the edge location of the above-mentioned expansion image. Namely, what is necessary is just to search for dispersion in the edge location detected to the assignment include angle.

[0044] Thus, since it becomes possible to detect an edge in the perpendicular direction to the profile of a pattern according to this operation gestalt, the detection precision of an edge becomes high. Therefore, the measurement precision of shape parameters, such as area and a boundary length, computed based on the detected edge improves. Moreover, even if it is a pattern with curvature, it becomes possible to measure edge roughness simpler. The graphic form which reflects a pattern configuration simple can be created by using labeling especially.

[0045] In addition, although the case where once created the graphic form which developed the concentration distribution curve as shown in drawing 8 in this operation gestalt, and an edge location was detected based on the graphic form was shown, it is also possible to skip such a process. That is, a reference point is computed, respectively from the concentration distribution curve searched for for every assignment include angle, and if the reference point of these plurality is directly plotted on a two-dimensional image, a development view form will become unnecessary. [two or more]

[0046] (The 2nd operation gestalt) This operation gestalt is involved in the modification of the 1st operation gestalt. Although the graphic form which performs an image processing to the whole image containing a hole pattern, and reflects a pattern configuration was extracted with the 1st operation gestalt, a SEM image tends to be influenced [this] also in case many sesame salt noises are the extracts of a graphic form. Then, the graphic form which reflects a pattern configuration using the technique shown below may be extracted. In addition, detailed explanation of the part which is common in the 1st operation gestalt in explanation of this operation gestalt is omitted.

[0047] First, it conveys in a measuring device as shows the sample 11 (wafer) in which the hole pattern was formed to drawing 1 . Next, after alignment actuation etc. amends the rotation of a sample 11, electron beam 1' is scanned, and the target pattern moves on a stage 10 so that it may come in a visual field. It is the same as the 1st operation gestalt so far.

[0048] Next, a sample 11 top is scanned by electron beam 1', and the SEM image of a sample 11 is obtained in the image acquisition section 331. And the obtained image data is outputted to the graphic form creation section 332 from the image acquisition section 331. Actuation shown below is performed in the graphic form creation section 332. First, the main coordinate of the target pattern is searched for using the reference image made to memorize in the memory which an image processing system 33 does not illustrate beforehand to the obtained image data.

[0049] Drawing 9 is drawing showing an example of a reference image. obtaining -- having -- image data -- almost -- being the same -- a configuration -- an image -- namely, -- a hole bottom -- a field -- 41 -- ' -- a cheek -- a field -- 42 -- ' -- and -- an outside -- a field -- 43 -- ' -- having -- a hole bottom -- a field -- 41 -- ' -- a core -- **** -- a pattern -- a core -- a coordinate -- criteria -- ** -- carrying out -- a normal coordinate -- 44 -- ' -- memorizing -- having -- **** . This reference image is compared with the actually obtained SEM image, it asks for both correlation coefficient, and the location more than the threshold defined beforehand is set up as a main coordinate of that pattern.

[0050] Next, measuring range is set up focusing on the main coordinate of the obtained pattern. Drawing 10 is drawing showing an example of measuring range. As shown in drawing 10 , in the image data which consists of the hole bottom field 41, a cheek field 42, and an outside field 43, the main coordinate 44 is given to the core of the hole bottom field 41, and two closed curves (ellipses 62 and 63 of two size) centering on this main coordinate 44 are set to it. The field specified with the ellipses 62 and 63 of this two size, i.e., the field inside the big ellipse 63 which is the outside of the small ellipse 62, is measuring range. The magnitude of ellipses 62 and 63 is set to this measuring range as the part of the edge of the hole of a hole pattern, i.e., all the fields of the cheek field 42, is contained.
[0051] this -- an ellipse -- 62 -- and -- 63 -- a configuration -- for example, -- reference -- an image -- constituting -- a hole bottom -- a field -- 41 -- ' -- a cheek -- a field -- 42 -- ' -- a rim -- specifying -- having -- an ellipse -- etc. -- being the same -- a configuration -- using -- ****ing -- a closed curve -- it is -- if -- an ellipse -- you may not be -- for example, a rectangle -- you may be . Moreover, you may be a certain thing which is constant-rate-expanded, or contracts and creates two closed curves about the data of the profile which extracted the profile of a pattern by 3 value-ized processing, and was obtained in order to ask for this closed curve. Moreover, when the permissible dose of pattern size change measured is defined beforehand, if it is set as the magnitude of the upper limit of the size permitted, since measurement does not need to be performed to the pattern of the magnitude outside tolerance, the closed curve which specifies the outside of measuring range in the magnitude of the minimum of size by which the closed curve which specifies the inside of measuring range is permitted can shorten the measuring time.
[0052] Next, the concentration distribution data in the appointed measuring range are acquired. Drawing 11 is drawing for explaining the acquisition approach of concentration distribution data. As shown in drawing 11 , the predetermined include angle theta is passed along nothing and the main coordinate 44 to the criteria straight line 71 which passes along the termination coordinate 44, the straight line 72 which crosses measuring range is set up, it is on this straight line 72, and the concentration distribution data 73 of the field in measuring range are acquired. Two or more [of this straight line 72] are given for every include angle specified to the criteria straight line 71, and the concentration distribution curve 73 is acquired to all the straight lines 72.
[0053] Drawing 12 is drawing showing the acquired concentration distribution curve 73. An axis of abscissa is a location and an axis of ordinate is concentration. The coordinate to which concentration is the highest is extracted from this concentration distribution curve 73. And if the same actuation is repeated for every assignment include angle, the set of the maximum of concentration will be obtained. The graphic form reflecting the configuration of a pattern can be created by connecting the set of the obtained maximum and removing a noise. The acquired graphic form is shown in drawing 13 .
[0054] In addition, although the maximum of concentration was acquired, in order to make it the graphic form reflecting the configuration of a pattern create, the point which became small [concentration] 50% may be used from maximum.
[0055] After that, the obtained reflection graphic data are outputted to the concentration distribution data acquisition section 333 like the 1st operation gestalt, and it differentiates for every assignment include angle, and concentration distribution data are acquired in the direction which intersects perpendicularly with the obtained inclination, the edge of a pattern is detected from the obtained concentration distribution data, and area, a boundary length, edge roughness, etc. are measured.
[0056] Thus, since according to this operation gestalt only the information near an edge is used for the extract of the description of the configuration of a pattern while doing so the same effectiveness as the 1st operation gestalt, little measurement of the effect of a noise is attained more. Moreover, it is given across the cheek field 42 and it becomes possible to measure the pattern of various configurations by using two closed curves which specify measuring range. Moreover, the time amount which measures the pattern of substandard magnitude can be shortened sharply.
[0057] (The 3rd operation gestalt) This operation gestalt is concerned with the modification of the 1st operation gestalt, and the description is in creation of concentration distribution data. This operation gestalt explains the case where the hole pattern of a different configuration from the 1st operation gestalt is measured.
[0058] First, a sample 11 is carried in in equipment like a 1st and 2 operation gestalt, a SEM image is acquired, and it outputs to the image acquisition section 331. Drawing 14 is drawing showing the SEM image data of the hole pattern of this operation gestalt. Although the point that image data consists of a hole bottom field 81, a cheek field 82, and an outside field 83 is the same as the 1st operation gestalt as shown in drawing 14 , the configurations differ and a straight-line part is included not in an ellipse form but in the periphery.
[0059] The obtained image data is outputted to the graphic form creation section 332 from the image acquisition section 331. The graphic form creation section 332 creates the graphic form which reflects the configuration of a pattern using the technique of one of 1st and 2 operation gestalten based on the image data shown in drawing 14 , and outputs it to the concentration distribution data acquisition section 333.
[0060] Drawing 15 is drawing for explaining the concentration distribution data acquisition approach. As shown in drawing 15 , the concentration distribution data acquisition section 333 asks for the center of figure 84 which reflects the configuration of a pattern first. And it asks for x and a y-coordinate for every assignment include angle centering on the acquired center of gravity 84.
[0061] Relation with the include angle theta with a criteria straight line is indicated to be x and the y-coordinate which were obtained to drawing 16 . When a y-coordinate is observed in drawing 16 , it turns out that the fluctuation is small compared with other parts in the range 91. Drawing 17 differentiates x and the y-coordinate which were shown in drawing 16 at the include angle theta with a criteria straight line. In the range 91, as for the value which differentiated the y-coordinate, i.e., dy/dtheta, the value is about 0. That is, it is shown that the profile of a graphic form is almost level in this range 91. Therefore, what is necessary is just to acquire concentration distribution data in the perpendicular direction to a criteria straight line, as this range 91 is shown in

drawing 15 . In range 92 other than range 91, like a 1st and 2 operation gestalt, the profile of a graphic form is differentiated in each location, and concentration distribution data are acquired in the direction which intersects perpendicularly with the obtained inclination.
[0062] And the point which detects the edge of a pattern from the obtained concentration distribution data, and measures area, a boundary length, and edge roughness is the same as a 1st and 2 operation gestalt.
[0063] Thus, according to this operation gestalt, since spacing of a sampling can be defined efficiently, the measuring time can be shortened. The measuring time can be shortened in the case of measurement of the pattern of the configuration which is small curvature] partially especially.
[0064] In addition, although this operation gestalt explained the case where a straight-line part was included in the profile of the pattern made into the measuring object If the profile of a pattern is expressed with a predetermined function, it will ask for the tangent of a profile which can be set at least to each part of a pattern. The time and effort of acquiring the concentration distribution data on a straight line perpendicular to the tangent can be saved, it can ask for the inclination of the function showing a profile automatically, and the direction and spacing of concentration distribution data acquisition can be defined based on the inclination.
[0065]
[Effect of the Invention] Since an edge is detectable in the perpendicular direction to the profile of a pattern according to this invention as explained in full detail above, the detection precision of an edge becomes high. Therefore, the measurement precision of shape parameters, such as area and a boundary length, computed based on an edge improves remarkably.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] Drawing showing the whole detailed pattern measuring device configuration concerning the 1st operation gestalt of this invention concerning the 1st operation gestalt of this invention.
[Drawing 2] Drawing showing the detailed configuration of the image processing system concerning this operation gestalt
[Drawing 3] Drawing showing the SEM image of the hole pattern obtained with this operation gestalt.
[Drawing 4] Drawing showing an example of the graphic form reflecting the configuration of the hole pattern concerning this operation gestalt.
[Drawing 5] Drawing for explaining the concentration distribution data origination technique concerning this operation gestalt.
[Drawing 6] Drawing showing the SEM image obtained in the image acquisition section concerning this operation gestalt, and a concentration acquisition straight line.
[Drawing 7] Drawing showing the concentration distribution curve in the concentration distribution acquisition field concerning this operation gestalt.
[Drawing 8] Drawing which developed the concentration distribution curve concerning this operation gestalt to the assignment include angle.
[Drawing 9] Drawing showing the reference image concerning the 2nd operation gestalt of this invention.
[Drawing 10] Drawing showing an example of the measuring range in acquisition of the reflection graphic form concerning this operation gestalt.
[Drawing 11] Drawing for explaining the acquisition approach of the concentration distribution data concerning this operation gestalt.
[Drawing 12] Drawing showing the concentration distribution data concerning this operation gestalt.
[Drawing 13] Drawing showing the graphic form reflecting the configuration of the pattern obtained according to this operation gestalt.
[Drawing 14] Drawing showing the SEM image data of the hole pattern concerning the 3rd operation gestalt of this invention.
[Drawing 15] Drawing for explaining the concentration distribution data acquisition approach concerning this operation gestalt.
[Drawing 16] Drawing showing relation with the include angle theta with a criteria straight line with x and the y-coordinate concerning this operation gestalt.
[Drawing 17] Drawing showing x shown in drawing 16 of this operation gestalt, and the curve which differentiated the y-coordinate at the include angle theta with a criteria straight line.
[Drawing 18] Drawing for explaining the trouble of the conventional pattern edge detection.
[Description of Notations]
1 -- Electron gun
1' -- Electron beam
2 -- Gun alignment coil
3 -- Condensing lens
4 -- Objective lens alignment coil
5 -- Stigma coil
6 -- Scan coil
7 -- Object diaphragm
8 -- Secondary electron detector
9 -- Objective lens
10 -- Stage
11 -- Sample
21 -- Power source for acceleration voltage control
22 -- Beam alignment control circuit 22
23 -- Stigma control circuit
24 31 -- Deflection amplifier
24' -- Deviation signal generator
25 -- Objective lens energizing voltage power source
26 -- Stage controller

27 -- Host computer
28 -- Amplifier
29 -- Scan converter
30 -- CRT
32 -- Scan coil
33 -- Image processing system
34 -- Recipe file
41 81 -- Hole bottom field
42 82 -- Cheek field
43 83 -- Outside field
84 -- Center of gravity
91 92 -- Range
51 -- Reflection graphic form
61 73 -- Concentration distribution curve
62 63 -- Ellipse
71 -- Criteria straight line
72 -- Straight line
331 -- Image acquisition section
332 -- Graphic form creation section
333 -- Concentration distribution data acquisition section
334 -- Edge detecting element
335 -- Pattern configuration test section

[Translation done.]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　　(12) **公開特許公報**（Ａ）　　(11)特許出願公開番号

特開2001－91231

（P2001－91231A）

(43)公開日　平成13年4月6日(2001.4.6)

(51)Int.Cl.^{7}	識別記号	ＦＩ	テーマコード（参考）
Ｇ０１Ｂ　11/24		Ｈ０１Ｌ　21/66	Ｊ　２Ｆ０６５
Ｇ０６Ｔ　7/00		Ｇ０１Ｂ　11/24	Ｆ　４Ｍ１０６
Ｈ０１Ｌ　21/66		Ｇ０６Ｆ　15/62	４０５Ｚ　５Ｂ０５７

審査請求　未請求　請求項の数８　ＯＬ　（全 10 頁）

(21)出願番号　特願平11－268711

(22)出願日　平成11年9月22日(1999.9.22)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者　宮野　ゆみこ
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦　（外６名）

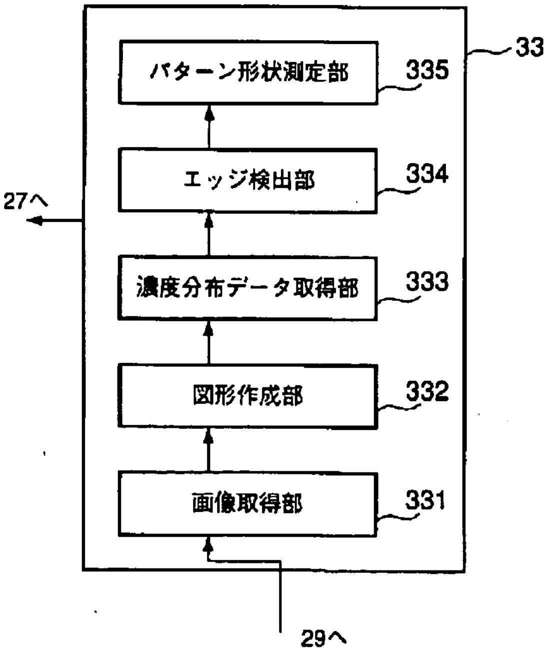
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　微細パターン測定方法、微細パターン測定装置及び微細パターン測定プログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】パターンのエッジを正確に検出することにより高精度な微細パターンの測定を可能とする。

【解決手段】微細パターンが形成されたサンプルのパターン画像を画像取得部３３１で取得し、図形作成部３３２において、得られたパターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成し、濃度分布データ取得部３３３において、この図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得し、エッジ検出部３３４において、濃度分布データからパターンエッジ座標を検出し、パターン形状測定部３３５において、パターンエッジ座標を基にパターンの形状を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　微細パターンが形成されたサンプルのパターン画像を取得する工程と、

前記パターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成する工程と、

この図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得する工程と、

前記濃度分布データからパターンエッジ座標を検出する工程と、

前記パターンエッジ座標を基に前記パターンの形状を測定する工程とを有することを特徴とする微細パターン測定方法。

【請求項２】　前記図形の作成は、画像濃度の違いに基づくラベリングを用いることを特徴とする請求項１に記載の微細パターン測定方法。

【請求項３】　前記パターンの代表点と測定領域を設定し、該測定領域内で前記代表点を中心として所定の指定角度毎に濃度分布を求め、該濃度分布中の基準位置を求め、この基準位置に基づいて前記パターンのおおよその輪郭を求め、該輪郭に基づいて前記図形を作成することを特徴とする請求項１に記載の微細パターン測定方法。

【請求項４】　前記測定領域は、互いに交わらない２つの閉曲線のうち、小さい閉曲線の外側で、かつ大きい閉曲線の内側であることを特徴とする請求項３に記載の微細パターン測定方法。

【請求項５】　前記パターンの形状の特徴に基づいて、前記濃度分布データの取得の方向及び間隔を決定し、該決定された方向及び間隔に基づいて前記濃度分布データを取得することを特徴とする請求項１に記載の微細パターン測定方法。

【請求項６】　前記パターンの形状の特徴の抽出は、前記図形の輪郭を規定する座標と、該座標が位置する前記パターンの重心からの角度との関係を用いて行うことを特徴とする請求項５に記載の微細パターン測定方法。

【請求項７】　サンプルのパターン画像を取得するパターン画像取得部と、

前記パターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成する図形作成部と、

前記図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得する濃度分布データ取得部と、

前記濃度分布データに基づいてパターンエッジ座標を検出するエッジ検出部と、

前記エッジ座標を基に前記パターンの形状を測定する形状測定部とを具備してなることを特徴とする微細パターン測定装置。

【請求項８】　コンピュータに、サンプルのパターン画像を取得する機能と、

前記パターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成する機能と、

前記図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得する機能と、

前記濃度分布データに基づいてパターンエッジ座標を検出する機能と、

前記エッジ座標を基に前記パターンの形状を測定する機能とを実現させるための微細パターン測定プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、サンプルのパターン形状を測定する微細パターン測定方法、微細パターン測定装置及び微細パターン測定プログラムを記録した記録媒体に関する。

【０００２】

【従来の技術】半導体デバイスのプロセスの評価においては、ウェハ上のパターンを走査電子顕微鏡等で観察し、パターンの所定の寸法を測定するということが広く行われている。最近では、デバイスの高集積化に伴い、パターンの形状も多様化している。このため、従来の１次元の寸法測定が必ずしもデバイスの特性を決定するパラメータを測定することにはなっておらず、周囲長や面積等の２次元の寸法測定が重要となってきている。

【０００３】一方、パターンの微細化に伴い、パターン形状を形成するリソグラフィプロセスの際に露光装置のレンズの収差等の影響を受ける場合がある。この場合、例えば真円になるべきパターンがゆがんでいたりする。このような場合にある一定方向の直径のみを測定したとしても、その測定値はこのパターンの形状を正しく表現しているとはいえない。従って、この点からも面積を測定することの意義は大きくなってきている。また、レジスト等の評価にパターンエッジのラフネスを測定することは重要であるが、ラインパターン等の場合には簡便に求められるのに対して、ホールパターン等曲率のあるパターンに対してはラフネスを求めることができなかった。

【０００４】このような問題に対して例えば特開平７－２７５４８号公報に記載されているように、ホールパターンの画像を極座標展開し、展開された画像に対して角度方向にライン加算を行い、エッジ位置を検出することによりそのホールパターンの全方向を反映した直径・半径・面積等を求めるというものがある。しかしながら、この手法においては、真円に近いホールパターンに対しては極座標展開した際にホールパターンのエッジに相当する部分がほぼ一直線に並ぶのに対し、ラフネスの大きなパターンや楕円等の場合は直線にはならず、前記ライン加算の際にエッジがなまる可能性があり、また、エッジに対して垂直ではない方向にエッジを検出するため検出精度が悪いという問題があった。

【０００５】この問題点を図１８を用いて説明する。図１８は、サンプルであるウェハ上にテーパ状のホールパターンが形成されており、そのホールの穴底に対応する

領域が穴底領域１０１，テーパ部に対応する領域が穴縁領域１０２，これら以外の領域が外側領域１０３となっており、このような領域１０１～１０３を有する画像が得られる。得られた画像に対して矢印に示す直線の方向に濃度分布を求め、エッジを検出する。この場合、図１８（ａ）ではエッジに対して斜め方向にエッジ検出を行う場合は垂直に行う図１８（ｂ）の場合に比較して濃度変化のコントラストが悪い。従って、検出精度は図１８（ａ）に示す場合の方が悪くなる。

【０００６】また、特開平１０－２７６０４３号公報においては、楕円のパターンに対して大小２つの楕円で囲まれる領域に対して、この領域の湾曲方向を横切る直線上でのピークからエッジを求め、これに基づいて楕円の幅や高さ、面積等を求める例が挙げられているが、得られたエッジも上記従来例と同様に、エッジに対して垂直ではない方向でエッジ検出されているため、得られたエッジ位置の検出精度が悪いという問題がある。また、求めたエッジに垂直な方向に指定範囲濃度データを取得し、濃度データを基にパターンのテーパ異常を検出するという例があるが、この濃度データを用いたエッジ検出は行われていない。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】上述したように従来の微細パターン測定方法では、画像データから求められたエッジに対して垂直ではない方向でエッジ検出されているため、得られたエッジ位置の検出精度が悪いという問題がある。

【０００８】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、パターンのエッジを正確に検出することにより高精度な微細パターンの測定を可能とする微細パターン測定方法、微細パターン測定装置及び微細パターン測定プログラムを記録した記録媒体を提供することにある。

【０００９】

【課題を解決するための手段】本発明に係る微細パターン測定方法は、微細パターンが形成されたサンプルのパターン画像を取得する工程と、前記パターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成する工程と、この図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得する工程と、前記濃度分布データからパターンエッジ座標を検出する工程と、前記パターンエッジ座標を基に前記パターンの形状を測定する工程とを有することを特徴とする。

【００１０】本発明の望ましい形態を以下に示す。

【００１１】（１）パターン形状を反映する図形の作成は、画像濃度の違いに基づくラベリングを用いる。

【００１２】（２）パターンの代表点と測定領域を設定し、該測定領域内で代表点を中心として所定の指定角度毎に濃度分布を求め、該濃度分布中のピーク位置を求め、このピーク位置に基づいて前記パターンのおおよその輪郭を求め、該輪郭に基づいて前記図形を作成する。

【００１３】（３）（２）における測定領域は、互いに交わらない２つの閉曲線のうち、小さい閉曲線の外側で、かつ大きい閉曲線の内側である。

【００１４】（４）パターンの形状の特徴に基づいて、前記濃度分布データの取得の方向及び間隔を決定し、該決定された方向及び間隔に基づいて濃度分布データを取得する。

【００１５】（５）（４）におけるパターンの形状の特徴は、前記図形の輪郭を規定する座標と、該座標が位置する前記パターンの重心からの角度との関係を用いる。

【００１６】また、方法に係る本発明は、コンピュータに当該発明に相当する機能を実現させるための微細パターン測定プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体としても成立する。

【００１７】また、本発明に係る微細パターン測定装置は、サンプルのパターン画像を取得するパターン画像取得部と、前記パターン画像に対してパターン形状を反映する図形を作成する図形作成部と、前記図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得する濃度分布データ取得部と、前記濃度分布データに基づいてパターンエッジ座標を検出するエッジ検出部と、前記エッジ座標を基に前記パターンの形状を測定する形状測定部とを具備してなることを特徴とする。

【００１８】（作用）本発明では、パターン形状を反映する図形を作成し、この図形の輪郭の接線に対して垂直な直線上の濃度分布データを取得し、これに基づいてエッジ座標を検出する。これにより、常にパターンの輪郭に対して垂直な方向にエッジを検出することができるため、エッジの検出精度が高くなる。従って、エッジに基づいて算出される面積や周囲長等の形状パラメータの計測精度が著しく向上する。また、曲率を持ったパターンであっても簡便にエッジラフネスの測定を行うことが可能となる。

【００１９】また、パターンの代表点と測定領域を設定し、該測定領域内で代表点を中心として所定の指定角度毎に濃度分布を求め、該濃度分布中のピーク位置を求め、このピーク位置に基づいて前記パターンのおおよその輪郭を求めてパターン形状を反映する図形を作成する。これにより、エッジ付近の情報のみがパターンの形状の特徴の抽出に利用されるため、よりノイズの影響の少ない測定が可能となる。また、測定領域を、互いに交わらない２つの閉曲線で規定することにより、様々な形状のパターンを測定することが可能となり、規格外の大きさのパターンを測定する時間を大幅に短縮することができる。

【００２０】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【００２１】（第１実施形態）図１は本発明の第１実施

形態に係る微細パターン測定装置の全体構成を示す図である。本実施形態では測長ＳＥＭを用いて説明する。

【００２２】図1に示すように、本実施形態に係る走査型電子顕微鏡は、電子ビームを放出する電子銃、放出した電子ビームを測定対象である試料（サンプル１１）表面に照射する電子光学系、試料表面から放出される２次電子を検出する２次電子検出機構とに大別される。

【００２３】サンプル１１に電子ビームを放出する電子銃1から照射された電子ビーム1’の進路には、その進行方向に向かってガンアライメントコイル2，コンデンサレンズ3，対物レンズアライメントコイル4，スティグマコイル5，走査コイル6，対物絞り7，2次電子検出器8，対物レンズ9からなる電子光学系が順に設けられている。ガンアライメントコイル2及び対物レンズアライメントコイル4は、コンデンサレンズ3，対物レンズ9を補正するために設けられ、走査コイル6は2対の電磁コイルからなり、各コイルにそれぞれ異なった周期の電源を供給して一方にX方向の、他方にY方向の鋸歯状波形信号を与えて電子ビーム１’を走査する。

【００２４】また、電子銃1から照射された電子ビーム１’が電子光学系を通過すると、ステージ１０上に載置されたサンプル１１に照射される。また、２次電子検出機構として、サンプル１１から所定距離離れた位置に2次電子検出器8が配置され、サンプル１１表面から放出される２次電子を検出する。

【００２５】電子銃1には加速電圧制御用電源２１が接続されており、この加速電圧制御用電源２１により、電子銃1からの電子ビーム１’を所望の加速エネルギーで放出することができる。ガンアライメントコイル2，対物レンズアライメントコイル4はビームアライメント制御回路２２に接続され、スティグマコイル5にはスティグマ制御回路２３が接続されており、これらビームアライメント制御回路２２及びスティグマ制御回路２３によりビーム形状の補正を行う。

【００２６】また、走査コイル6は偏向増幅器２４に接続され、さらにこの偏向増幅器２４に接続された偏向信号発生器２４’で発生させた偏向信号を偏向増幅器２４により増幅させて走査コイル6に電圧が与えられる。対物レンズ9には対物レンズ励磁電圧電源２５が接続され、この電源２５により対物レンズ9に励磁電圧が与えられる。ステージ１０にはステージコントローラ２６が接続され、このコントローラ２６によりステージ１０が駆動する。これら２１〜２３，２４’及び２６からなる制御系はホストコンピュータ２７で制御される。

【００２７】また、２次電子検出器8で検出された測定データは、増幅器２８を介してスキャンコンバータ２９に入力され、２次元画像としてＣＲＴ３０に拡大されて表示される。

【００２８】偏向信号発生器２４’には偏向増幅器３１が接続され、さらにこの偏向増幅器３１に走査コイル３２が接続されている。偏向信号増幅器３１からの増幅された偏向信号により走査コイル３２を制御することにより、ＣＲＴ３０のビーム走査がサンプル１１上の走査に同期してなされる。

【００２９】スキャンコンバータ２９の出力信号は画像処理装置３３に入力される。スキャンコンバータ２９で２次元画像とされた２次電子検出信号は画像処理装置３３で所望の画像処理がなされる。この画像処理装置３３は、ホストコンピュータ２７に接続され、ホストコンピュータ２７の指令に基づいて画像処理を行う。

【００３０】なお、ホストコンピュータ２７は、予め定められたレシピファイル３４に基づいて制御系の制御や画像処理装置３３における画像処理を制御する。

【００３１】図2は画像処理装置３３の詳細な構成を示す図である。スキャンコンバータ２９により2次元信号とされた画像データは、画像取得部３３１で取得される。画像取得部３３１で得られた画像データは図形作成部３３２に出力され、パターンの形状を反映するような図形が作成される。作成された図形データは濃度分布データ取得部３３３に出力される。この濃度分布データ取得部３３３では、図形データに基づいて濃度分布データが作成される。得られた濃度分布データはエッジ検出部３３４に出力され、パターンのエッジが検出される。得られたパターンのエッジはパターン形状測定部３３５に出力される。パターン形状測定部３３５はパターンのエッジに基づいてパターン形状、具体的にはパターンの面積、周囲長やエッジラフネス等を測定する。

【００３２】次に、図1〜図8を用いて本実施形態に係る微細パターン測定方法を説明する。例として、楕円形のホールパターンを測定する場合について説明する。

【００３３】まず、楕円形のホールパターンが形成されたサンプル１１（ウェハ）を図１に示す測定装置内に搬送する。アライメント操作等によりサンプル１１のローテーションを補正した後、電子ビーム１’を走査し、目的のパターンが視野内に来るようにステージ１０を移動する。

【００３４】この際得られるホールパターンのＳＥＭ画像を図3に示す。図3に示すように、楕円形のホールパターンのうち、ホールの穴底に相当する部分が穴底領域４１，ホールパターンのテーパに相当する部分が穴縁領域４２，これら穴底領域４１及び穴縁領域４２以外の領域を外側領域４３となる。穴底領域４１は暗く（黒色）、穴縁領域４２は明るく（白色）、外側領域４３はやや明るく（灰色）なった画像が得られる。

【００３５】得られたＳＥＭ画像データは図形作成部３３２に出力される。図形作成部３３２では、ＳＥＭ画像データに基づいてホールパターンの形状を反映するような図形が作成される。例えば、所定のしきい値で3値化処理を行い、しきい値で区切られる黒色、白色及び灰色の3つの領域にラベリングし、黒色と白色との境界を抽

出する。これにより、ホールパターンの穴底領域の外縁、すなわち輪郭に相当する部分を抽出することが可能である。

【００３６】なお、3値化処理以外にも、例えばＳＥＭ画像データに対して微分処理を行い、得られた微分画像の濃度の高い部分のみをスレッショルド処理により抽出してもよいし、あるいは穴縁領域４２が白く明るくなることを利用して、穴縁領域４２とそれ以外の領域とで２値化処理を行い抽出してもよい。

【００３７】いずれの反映図形の作成手法を用いた場合であっても、ＳＥＭ画像にはごま塩雑音のようなノイズが多く含まれる。そこで、フーリエ変換等の処理を用いて輪郭上の細かいノイズを取り除くことにより、ホールパターンの形状を反映する図形が得られる。このホールパターンの形状を反映する図形の一例を図4に示す。図４に示すように、反映図形５１は穴底領域４１の輪郭に相当する形状とほぼ同じ形状を有しているのが分かる。

【００３８】得られた反映図形５１は濃度分布データ取得部３３３に出力される。濃度分布データ取得部３３３では、反映図形５１に基づいて濃度分布データを作成する。その具体的手法を図５を用いて以下説明する。

【００３９】まず、反映図形５１の重心位置５１１を求める。次に、重心位置５１１を通る基準直線５１２を設定する。そして、重心位置５１１から基準直線５１２に対して指定角度θ毎に反映図形５１に対して直線５１３を引く。図5では直線５１３は説明の便宜のため１本のみを示しているが、例えば指定角度θを２°に設定すれば、直線５１３は１８０本得られる。そして、この直線５１３と反映図形５１の輪郭の交点５１４を求め、この交点５１４における反映図形５１の接線５１５の傾きを微分により求める。そして、得られた接線５１５の傾きに対して直交する方向に、濃度取得直線５１６を引く。そして、この濃度取得直線５１６上の濃度分布データを取得する。

【００４０】図6は画像取得部３３１で得られたＳＥＭ画像と濃度取得直線５１６を示す。濃度取得直線５１６のうち、実際に濃度分布を取得するのは、交点５１４を挟んで所定の距離にある領域（以下、濃度取得領域５１７と称する）のみである。この濃度分布取得領域５１７は、少なくとも交点５１３を挟んで穴底領域４１内の点から、外側領域４３内の点までを含み、穴縁領域４２の内周から外周までを横断するように設定される。

【００４１】このように設定された濃度分布取得領域５１７で得られた濃度分布曲線６１を図７に示す。横軸は位置、縦軸は濃度であり、位置が0に近い側が穴底領域４１、位置が0から遠い側が外側領域４３の濃度を示している。得られた濃度分布曲線６１は、図5に示すように指定角度θにおける１本の直線５１２のみについて得られた濃度分布を示すものであり、この濃度分布曲線６１を指定角度毎に求め、各指定角度に対して展開すると図8のようになる。横軸は位置、縦軸は角度である。図８における横軸は、図7に示した横軸と正負逆になっている。従って、位置が0に近い側が外側領域４３，位置が0から遠い側が穴底領域４１である。

【００４２】指定角度に展開された濃度分布データは、エッジ検出部３３４に出力される。エッジ検出部３３４では、展開された濃度分布データに基づいて、通常のラインパターンの寸法測定と同様に、直線近似法等によりエッジ位置を検出する。得られたエッジ位置を元の画像、すなわち指定角度毎に展開する前の２次元画像に変換すると、穴底の輪郭に近い部分を抽出することができる。

【００４３】得られたエッジ位置を示すデータは、パターン形状測定部３３５に出力される。パターン形状測定部３３５は、パターンのエッジ位置から得られるパターンの輪郭から、パターンの面積や周囲長等を計測する。なお、パターン形状測定部３３５は、前述の展開画像のエッジ位置の分散を調べることにより、ホールパターンのエッジのラフネスを算出することもできる。すなわち、指定角度に対して検出されたエッジ位置のばらつきを求めてやればよい。

【００４４】このように本実施形態によれば、パターンの輪郭に対して垂直な方向にエッジを検出することが可能となるため、エッジの検出精度が高くなる。従って、その検出されたエッジに基づいて算出される面積や周囲長等の形状パラメータの計測精度が向上する。また、曲率を持ったパターンであってもより簡便にエッジラフネスの測定を行うことが可能となる。特に、ラベリングを利用することにより、簡便にパターン形状を反映する図形を作成することができる。

【００４５】なお、本実施形態においては図８に示すような濃度分布曲線を展開した図形を一旦作成し、その図形に基づいてエッジ位置を検出する場合を示したが、このような工程を省略することも可能である。すなわち、各指定角度毎に複数求められた濃度分布曲線から基準点をそれぞれ算出し、これら複数の基準点を２次元画像上に直接プロットすれば展開図形は不要となる。

【００４６】（第２実施形態）本実施形態は、第１実施形態の変形例に係わる。第１実施形態では、ホールパターンを含む画像全体に対して画像処理を行いパターン形状を反映する図形を抽出したが、ＳＥＭ画像はごま塩雑音が多く図形の抽出の際にもこの影響を受けやすい。そこで以下に示す手法を用いてパターン形状を反映する図形を抽出してもよい。なお、本実施形態の説明において第１実施形態と共通する部分の詳細な説明は省略する。

【００４７】まず、ホールパターンが形成されたサンプル１１（ウェハ）を図１に示すような測定装置内に搬送する。次に、アライメント操作等によりサンプル１１のローテーションを補正した後、電子ビーム１’を走査し、目的とするパターンが視野内に来るようにステージ

１０を移動する。ここまでは第１実施形態と同じである。

【００４８】次に、電子ビーム１’でサンプル１１上を走査し、サンプル１１のＳＥＭ画像を画像取得部３３１で得る。そして、得られた画像データは画像取得部３３１から図形作成部３３２に出力される。図形作成部３３２では、以下に示す動作が行われる。まず、得られた画像データに対して予め画像処理装置３３の図示しないメモリ内に記憶させておいた参照画像を用いて目的のパターンの中心座標を求める。

【００４９】図９は参照画像の一例を示す図である。得られる画像データとほぼ同じ形状の画像、すなわち穴底領域４１’、穴縁領域４２’及び外側領域４３’を有し、穴底領域４１’の中心にはパターンの中心座標の基準とする基準座標４４’が記憶されている。この参照画像と実際に得られたＳＥＭ画像を比較し、両者の相関係数を求め、予め定められたしきい値以上の位置をそのパターンの中心座標として設定する。

【００５０】次に得られたパターンの中心座標を中心として測定範囲を設定する。図１０は測定範囲の一例を示す図である。図１０に示すように、穴底領域４１，穴縁領域４２及び外側領域４３からなる画像データにおいて、穴底領域４１の中心には中心座標４４が与えられ、この中心座標４４を中心とした２つの閉曲線（大小２つの楕円６２及び６３）が設定される。この大小２つの楕円６２及び６３で規定される領域、すなわち小さな楕円６２の外側でかつ大きな楕円６３の内側の領域が測定範囲である。この測定範囲には、ホールパターンの穴の縁の部分、すなわち穴縁領域４２のすべての領域が含まれているように楕円６２及び６３の大きさが設定される。

【００５１】この楕円６２及び６３の形状は、例えば参照画像を構成する穴底領域４１’や穴縁領域４２’の外縁により規定される楕円等と同じ形状を用いればよく、閉曲線であれば楕円でなくてもよく、例えば長方形であってもよい。また、この閉曲線を求めるために、例えば３値化処理によりパターンの輪郭を抽出し、得られた輪郭のデータをある一定量拡大又は縮小して２つの閉曲線を作成するものであってもよい。また、測定されるパターンサイズ変化の許容量が予め定められている場合には、測定範囲の内側を規定する閉曲線は許容されるサイズの下限の大きさに、測定範囲の外側を規定する閉曲線は許容されるサイズの上限の大きさに設定しておけば、許容範囲外の大きさのパターンに対しては測定が行われないで済むため、測定時間を短縮することができる。

【００５２】次に、定められた測定範囲における濃度分布データを取得する。図１１は濃度分布データの取得方法を説明するための図である。図１１に示すように、中止座標４４を通る基準直線７１に対して所定の角度θをなし、中心座標４４を通り、測定範囲を横断する直線７２を設定し、この直線７２上でかつ測定範囲内の領域の濃度分布データ７３を取得する。この直線７２は、基準直線７１に対して指定された角度毎に複数本与えられ、すべての直線７２に対して濃度分布曲線７３が得られる。

【００５３】図１２は得られた濃度分布曲線７３を示す図である。横軸は位置、縦軸は濃度である。この濃度分布曲線７３から例えば濃度の一番高くなっている座標を抽出する。そして、各指定角度毎に同様の操作を繰り返すと、濃度の最大値の集合が得られる。得られた最大値の集合をつなぎ合わせ、ノイズの除去を行うことにより、パターンの形状を反映する図形を作成することができる。得られた図形を図１３に示す。

【００５４】なお、濃度の最大値を取得するようにしたがパターンの形状を反映する図形が作成するようにするためには例えば最大値から５０％濃度の小さくなった点等を用いてもよい。

【００５５】その後は第１実施形態と同様に、得られた反映図形データを濃度分布データ取得部３３３に出力し、指定角度毎に微分を行い、得られた傾きと直交する方向に濃度分布データを取得し、得られた濃度分布データからパターンのエッジを検出し面積、周囲長、エッジラフネス等の測定を行う。

【００５６】このように本実施形態によれば、第１実施形態と同様の効果を奏するとともに、エッジ付近の情報のみがパターンの形状の特徴の抽出に利用されるため、よりノイズの影響の少ない測定が可能となる。また、穴縁領域４２を挟んで与えられ、測定範囲を規定する２つの閉曲線を用いることにより様々な形状のパターンを測定することが可能となる。また、規格外の大きさのパターンを測定する時間を大幅に短縮することができる。

【００５７】（第３実施形態）本実施形態は第１実施形態の変形例に関わり、濃度分布データの作成に特徴がある。本実施形態では、第１実施形態と異なる形状のホールパターンを測定する場合について説明する。

【００５８】まず、第１，２実施形態と同様にサンプル１１を装置内に搬入し、ＳＥＭ画像を取得し、画像取得部３３１に出力する。図１４は本実施形態のホールパターンのＳＥＭ画像データを示す図である。図１４に示すように、画像データは穴底領域８１、穴縁領域８２及び外側領域８３から構成される点は第１実施形態と同じであるが、その形状が異なり、楕円形ではなく、その周縁に直線部分を含む。

【００５９】得られた画像データは画像取得部３３１から図形作成部３３２に出力される。図形作成部３３２は、図１４に示す画像データに基づいて第１，２実施形態いずれかの手法を用いてパターンの形状を反映する図形を作成し、濃度分布データ取得部３３３に出力する。

【００６０】図１５は濃度分布データ取得方法を説明するための図である。図１５に示すように、濃度分布データ取得部３３３は、まずパターンの形状を反映する図形

の重心８４を求める。そして、得られた重心８４を中心として指定角度毎にｘ，ｙ座標を求めていく。

【００６１】得られたｘ，ｙ座標と、基準直線との角度θとの関係を図１６に示す。図１６においてｙ座標に注目すると範囲９１においてはその変動が他の部分に比べて小さくなっていることが分かる。図１７は図１６に示したｘ，ｙ座標を基準直線との角度θで微分したものである。ｙ座標を微分した値、すなわちｄｙ／ｄθは、範囲９１においてその値がほぼ０になっている。すなわち、この範囲９１においては図形の輪郭はほぼ水平になっていることを示している。従って、この範囲９１においては図１５に示すように、基準直線に対して垂直な方向に濃度分布データを取得すればよい。範囲９１以外の範囲９２においては、第１，２実施形態と同様にそれぞれの位置において図形の輪郭を微分し、得られた傾きと直交する方向に濃度分布データを取得する。

【００６２】そして、得られた濃度分布データからパターンのエッジを検出し面積、周囲長やエッジラフネスを測定する点は第１，２実施形態と同様である。

【００６３】このように本実施形態によれば、サンプリングの間隔を効率よく定めることができるため、測定時間を短縮することができる。特に、部分的に曲率の小さくなっている形状のパターンの測定の際に測定時間を短縮することができる。

【００６４】なお、本実施形態では測定対象とするパターンの輪郭に直線部分を含む場合について説明したが、パターンの輪郭が所定の関数で表されるものであれば、パターンの各部位における輪郭の接線を求め、その接線に垂直な直線上の濃度分布データを取得するという手間を省き、輪郭を表す関数の傾きを自動的に求め、その傾きに基づいて濃度分布データ取得の方向及び間隔を定めることができる。

【００６５】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、常にパターンの輪郭に対して垂直な方向にエッジを検出することができるため、エッジの検出精度が高くなる。従って、エッジに基づいて算出される面積や周囲長等の形状パラメータの計測精度が著しく向上する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施形態に係る本発明の第１実施形態に係る微細パターン測定装置の全体構成を示す図。

【図２】同実施形態に係る画像処理装置の詳細な構成を示す図

【図３】同実施形態で得られるホールパターンのＳＥＭ画像を示す図。

【図４】同実施形態に係るホールパターンの形状を反映する図形の一例を示す図。

【図５】同実施形態に係る濃度分布データ作成手法を説明するための図。

【図６】同実施形態に係る画像取得部で得られたＳＥＭ画像と濃度取得直線を示す図。

【図７】同実施形態に係る濃度分布取得領域における濃度分布曲線を示す図。

【図８】同実施形態に係る濃度分布曲線を指定角度に対して展開した図。

【図９】本発明の第２実施形態に係る参照画像を示す図。

【図１０】同実施形態に係る反映図形の取得における測定範囲の一例を示す図。

【図１１】同実施形態に係る濃度分布データの取得方法を説明するための図。

【図１２】同実施形態に係る濃度分布データを示す図。

【図１３】同実施形態により得られたパターンの形状を反映する図形を示す図。

【図１４】本発明の第３実施形態に係るホールパターンのＳＥＭ画像データを示す図。

【図１５】同実施形態に係る濃度分布データ取得方法を説明するための図。

【図１６】同実施形態に係るｘ，ｙ座標と、基準直線との角度θとの関係を示す図。

【図１７】同実施形態の図１６に示すｘ，ｙ座標を基準直線との角度θで微分した曲線を示す図。

【図１８】従来のパターンエッジ検出の問題点を説明するための図。

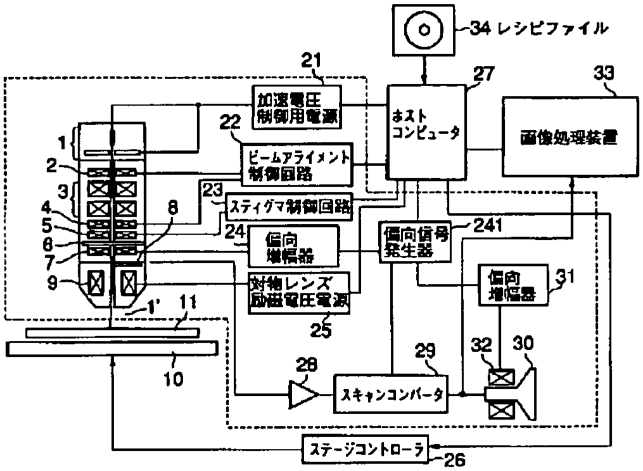
【符号の説明】

１…電子銃
１’…電子ビーム
２…ガンアライメントコイル
３…コンデンサレンズ
４…対物レンズアライメントコイル
５…スティグマコイル
６…走査コイル
７…対物絞り
８…２次電子検出器
９…対物レンズ
１０…ステージ
１１…サンプル
２１…加速電圧制御用電源
２２…ビームアライメント制御回路２２
２３…スティグマ制御回路
２４，３１…偏向増幅器
２４’…偏向信号発生器
２５…対物レンズ励磁電圧電源
２６…ステージコントローラ
２７…ホストコンピュータ
２８…増幅器
２９…スキャンコンバータ
３０…ＣＲＴ
３２…走査コイル
３３…画像処理装置

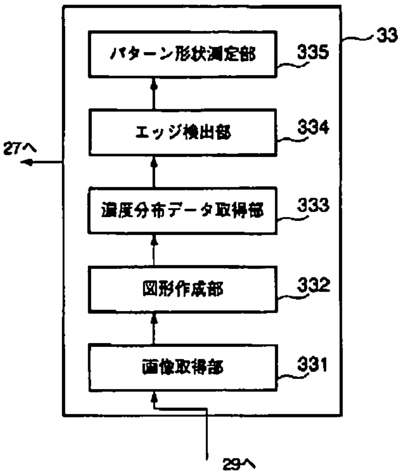
３４…レシピファイル
４１，８１…穴底領域
４２，８２…穴縁領域
４３，８３…外側領域
８４…重心
９１，９２…範囲
５１…反映図形
６１，７３…濃度分布曲線

６２，６３…楕円
７１…基準直線
７２…直線
３３１…画像取得部
３３２…図形作成部
３３３…濃度分布データ取得部
３３４…エッジ検出部
３３５…パターン形状測定部

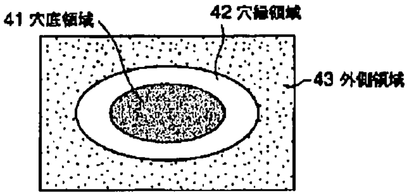
【図１】



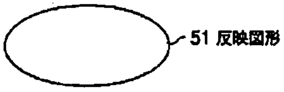
【図２】



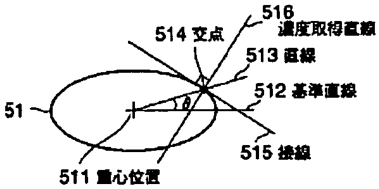
【図３】



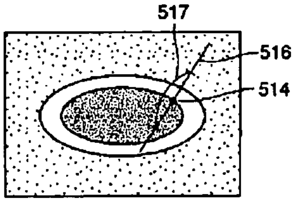
【図４】



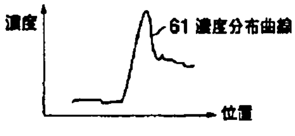
【図５】



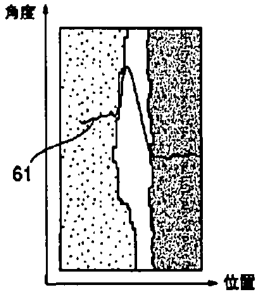
【図６】



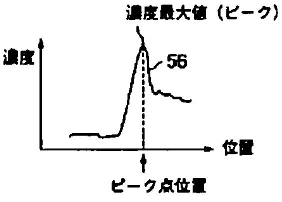
【図７】



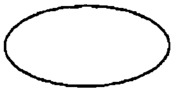
【図８】



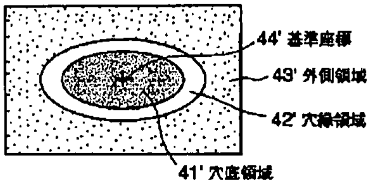
【図１２】



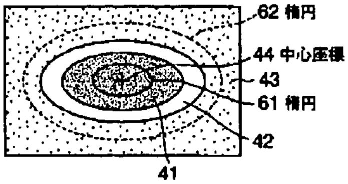
【図１３】



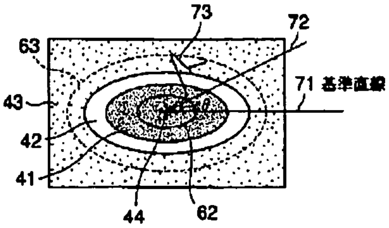
【図9】



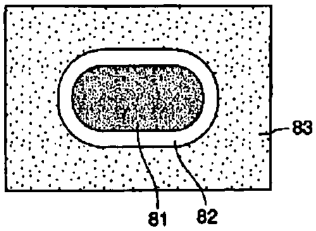
【図10】



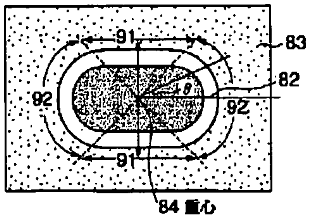
【図11】



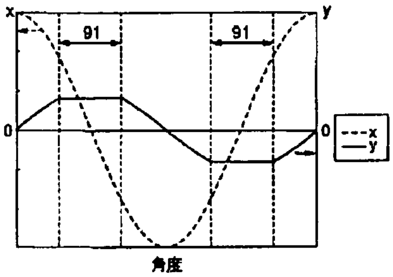
【図14】



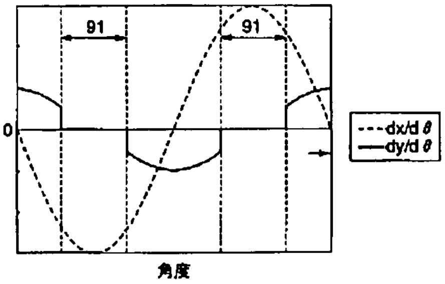
【図15】



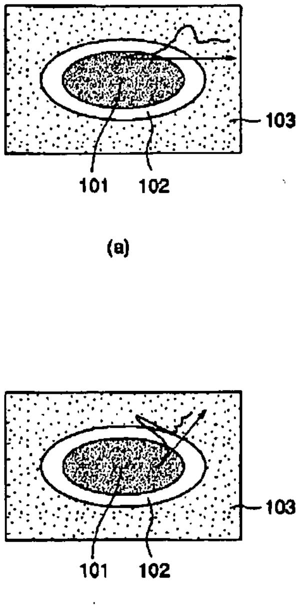
【図16】



【図17】



【図18】



(a)

(b)

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA12 AA56 AA58 BB02
CC19 DD03 DD19 FF04 FF61
GG01 HH04 JJ01 JJ15 MM16
PP12 PP24 QQ03 QQ05 QQ06
QQ13 QQ16 QQ29 QQ31 QQ32
QQ34 SS13
4M106 CA39 DB05 DB21
5B057 AA03 BA01 CA08 CA12 CB08
CB12 CC01 DA07 DB02 DB09
DC16